

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-102200  
(P2001-102200A)

(43)公開日 平成13年4月13日(2001.4.13)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 05 H 1/46  
H 01 L 21/205  
21/3065

識別記号

F I  
H 05 H 1/46  
H 01 L 21/205  
21/302

テマコト<sup>\*</sup>(参考)  
C  
B

審査請求 未請求 請求項の数14 O.L (全8頁)

(21)出願番号 特願2000-231994(P2000-231994)  
(22)出願日 平成12年7月31日(2000.7.31)  
(31)優先権主張番号 9910291  
(32)優先日 平成11年8月4日(1999.8.4)  
(33)優先権主張国 フランス(FR)

(71)出願人 592015846  
ソシエテ ア レスボンサビリテ リミ  
テ: メタル プロセス  
SOCIETE A RESPONSAB  
ILITE LIMITEE: META  
L PROCESS  
フランス国 モンテブレン 77144 アレ  
ドウ シヤトウ, 20  
(72)発明者 ラガルド ティエリ  
フランス国 ヴェイエフ 38450 ルート  
ウ デウ フォンターニュ 1725 アー  
(74)代理人 100076428  
弁理士 大塚 康徳 (外2名)

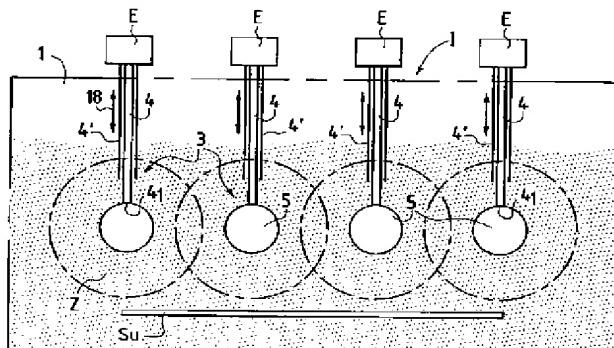
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 加工面に均一なプラズマを形成するための個別のプラズマを発生させる方法、及びそのようなプラズマを発生させる装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】比較的大きな面積の加工面に関して均一なプラズマを発生させることを可能にする。

【解決手段】一定であって、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有する少なくとも1つの面を形成する手段を構成するために、マイクロ波エネルギーの発生源Eに接続された一端部と、少なくとも1つの磁気双極子5に固定された反対の端部とを有する、夫々がマイクロ波エネルギーのワイヤアプリケータ4により構成された一連の個別プラズマ励起装置と、前記アプリケータの端部4<sub>1</sub>から離間した前記双極子の側部に配置されたプラズマ拡散領域Zを形成するように、前記磁極間で電子サイクロトロン共鳴にて加速された電子が振動するよう、前記マイクロ波アプリケータの端部に取り付けられた前記双極子と、前記加工面に均一なプラズマを全体に形成するように、互いに相関し、前記加工面S<sub>u</sub>に近接した関係にて分配された個別の励起装置とを具備する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】マイクロ波域でエネルギーを発生する手段と、一定であって、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有すると共に、プラズマ励起のために少なくともマイクロ波伝播領域に配置された少なくとも1つの表面(6)を形成する手段とを備える装置によって、加工面(S<sub>u</sub>)にプラズマを発生させる方法であって、一定であって、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有する少なくとも1つの面を形成する手段として、マイクロ波エネルギーの発生源(E)に接続された一端部と、少なくとも1つの磁気双極子(5)に固定された一端部とは反対の端部とを有し、夫々がマイクロ波エネルギーワイヤアプリケータ(4)により構成された一連の個別プラズマ励起装置(3)を構築し、

電子サイクロトロン共鳴にて加速された電子を、前記ワイヤアプリケータの端部から離間した前記双極子の少なくとも側部に配置されたプラズマ拡散領域(Z)を形成するように、前記磁極間に振動させるように、前記マイクロ波アプリケータ(4)の前記端部(4<sub>1</sub>)において前記磁気双極子(5)を取り付け、

前記加工面に均一なプラズマを形成するように、個別の装置の各々によって発生させたプラズマの間に少なくとも平行な位置を得るように、互いに相関し、前記加工面(S<sub>u</sub>)に近接した関係にて個別のプラズマ励起装置(3)を分配することを特徴とする。

【請求項2】請求項1に記載の方法であって、前記加工面のプロフィールに対してプラズマ励起を調整するように、前記個別の励起装置(3)と加工面(S<sub>u</sub>)との間の距離を調整する。

【請求項3】請求項1又は2に記載の方法であって、前記プラズマの均一性を調整するように、前記個別の励起装置(3)の各々のマイクロ波エネルギーのパワーを調整する。

【請求項4】請求項1に記載の方法であって、前記磁気双極子(5)が全て同方向に向けられた磁化軸を持つように、前記個別のプラズマ励起装置(3)を分配する。

【請求項5】請求項1に記載の方法であって、前記磁気双極子(5)が1つの装置から近接する装置に交互に向けられた磁化軸を持つように、前記個別のプラズマ励起装置(3)を分配する。

【請求項6】加工面(S<sub>u</sub>)にプラズマを発生させる方法であって、マイクロ波域でエネルギーを発生させる手段と、一定であって、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有すると共に、プラズマ励起のために少なくともマイクロ波伝播領域に合わせて配置された少なくとも1つの表面(6)を形成する手段とを備え、一定であって、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有する少なくとも1つの面を形成する手段を構成する、マイクロ波エネルギーの発生源(E)に接続され

た一端部と、その他端部が少なくとも1つの磁気双極子(5)に固定された、夫々がマイクロ波エネルギーワイヤアプリケータ(4)により構成された一連の個別のプラズマ励起装置(3)と、前記アプリケータの端部(4<sub>1</sub>)から離間した前記双極子の側部に配置されたプラズマ拡散領域(Z)を形成するように、前記磁極間に電子サイクロトロン共鳴にて加速された電子が振動するように、前記マイクロ波アプリケータの端部(4<sub>1</sub>)に取り付けられた前記双極子と、前記加工面に均一なプラズマを全体に形成するように、互いに相関し、前記加工面(S<sub>u</sub>)に近接した関係にて分配された前記個別の励起装置(3)とを具備することを特徴とする。

【請求項7】請求項6に記載の装置であって、前記個別の励起装置(3)の各々は、その磁化軸(A)が前記ワイヤアプリケータ(4)の軸に実質的に平行に配置された少なくとも1つの磁気双極子(5)を含む。

【請求項8】請求項6又は7に記載の装置であって、磁気双極子の各磁極に結合されたミラーポイント(P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>)の位置を変更するように、前記各磁気双極子(5)は、前記ワイヤアプリケータの前記端部(4<sub>1</sub>)に向かって配置された高透磁率の少なくとも1つの材料を有する。

【請求項9】請求項6乃至8のいずれか1項に記載の装置であって、前記各磁気双極子(5)は、軸方向にボア(8)が設けられた軸方向に磁化されたシリンダにより構成され、電子サイクロトロン共鳴にて加速された電子の軌道が交差するのを避けるように、前記ワイヤアプリケータ(4)の直径が前記磁極により描かれる円の直径に等しくなっている。

30 【請求項10】請求項6乃至9のいずれか1項に記載の装置であって、前記各磁気双極子(5)は、軸方向のボア内に取り付けられた冷却流体供給パイプ(9)に設けられ、前記磁気双極子を開み、冷却流体還流パイプ(13)に開口する囲い部材(11)に連通している。

【請求項11】請求項10に記載の装置であって、前記冷却流体還流パイプ(13)は、前記供給パイプ(9)と、前記ワイヤアプリケータを構成するチューブ(4)との間で規定されている。

【請求項12】請求項9乃至11のいずれか1項に記載の装置であって、各磁気双極子(5)は、その軸方向のボア(8)に沿って該磁気双極子に通じるガス供給パイプ(14)に固定されている。

【請求項13】請求項6乃至12のいずれか1項に記載の装置であって、個別のプラズマ励起装置(3)の各々は、前記加工面(S<sub>u</sub>)と前記磁気双極子との間の距離を調整可能な軸方向の置換手段に固定されている。

【請求項14】請求項6乃至13のいずれか1項に記載の装置であって、各ワイヤアプリケータ(4)は、前記マイクロ波域でのエネルギー源(E)に対して同軸構造(4')にて接続され、前記囲い部材(1)の外側に配

置されている。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子サイクロトロン共鳴域において、マイクロ波エネルギーにより励起された低圧プラズマを発生させる一般的な技術分野に関する。

【0002】本発明は、平面若しくは曲面の形状であってもよい大きな領域に対して、プラズマの均一性の制御が必要な全ての適用分野に関する。

【0003】本発明は、例えば、エッチング、被覆等の表面処理、化学的若しくは熱化学的な処理、噴霧、洗浄、殺菌、除染、或いはプラズマ抽出により得られるイオンビームの発生等の、広範囲で様々な適用分野に関する。

【0004】

【従来の技術】及び

【発明が解決しようとする課題】電子サイクロトロン共鳴にてプラズマを励起する技術分野においては、静的な又は準静的な磁界での電子の旋回周波数が、電界を加速する与えられた周波数と等しくなったときに、共鳴が得られる。この共鳴は、以下の関係によって関連づけられる励起周波数  $f$  で磁界  $B$  として得られる：

$$B = 2\pi m f / e$$

ここで、 $m$  及び  $e$  は、電子の質量及び電荷である。

【0005】プラズマ励起時に、電子サイクロトロン共鳴は、電子が十分加速された、例えば、ガスをイオン化するために必要な閾値エネルギーを得るのに十分長く、電子が電界と同期して回転可能な時にだけ効果的である。この状態を満足するために、第1に、電子の旋回半径が十分に小さく、特に共鳴状態が存在するような、例えば、電界と磁界が同時に存在する空間の領域に残せることが必要であり、第2に旋回周波数  $f$  が、電子と原子及び／又は分子等の中間部材との間に衝突する周波数に比例して大きく残っていることが必要である。換言すれば、同時に、ガス圧が比較的低く、電界周波数  $f$  が高い時、すなわち、電界強度  $B$  が高くなればならないことを意味しているが、電子サイクロトロン共鳴に対してプラズマを励起するための最良の状態が得られる。

【0006】仏国特許第85 08 836号には、永久磁石の使用が必要な電子サイクロトロン共鳴でのプラズマの励起と、一定の磁界で電子サイクロトロン共鳴に対応した強度での少なくとも1つの表面の形成する技術が記述されている。マイクロ波エネルギーは、金属ワイヤ部材により夫々構成されたアンテナ又はプラズマ励起器により共鳴領域に供給される。各励起器は磁石に沿って近接して延び、永久磁石に合うように配置されている。

【0007】共鳴が与えられる値及びマイクロ波の電界と等しい強度の磁界は、励起器と磁石に対面して配置された囲い部材の壁部との間に位置する空間に部分的に配

置と閉じ込みの両方がなされている。低圧のガス媒体の存在下では、電子は共鳴領域で加速され、プラズマ閉じ込み面を規定する磁界線に沿って湾曲される。その磁界線は、1つの磁石の磁極を正反対の磁極又は連続磁石の正反対の磁極に接続する花綱模様を形成する。この通路に沿って、電子は協調した状態となって分子や原子を分離してイオン化させる。この方法にて磁界が花綱模様に形成されるプラズマは、その後、花綱にトラップされて残るので、高エネルギー電子から実際に放たれたプラズマを形成するよう磁界線から離れて拡散する。

【0008】その特許で記述された技術の主な不利益は、マイクロ波エネルギーが伝播する領域とマイクロ波エネルギーが吸収される共鳴領域とが重なってしまうことである。それゆえ、マイクロ波の伝播はロスだけが発生し、マイクロ波電界強度とプラズマ密度とは、両方ともマイクロ波源から始まる励起器に沿って漸進的に減少する。その結果、プラズマは励起器に沿って均一でない密度で存在し、結果的に、そのようなプラズマは多くの産業上の適用分野に不適なものとなる。

20 【0009】上述した技術の変形例は、仏国特許第93 02 414号の主題を構成している。この技術では、マイクロ波は、永久磁石により若しくは電流を流す導体により構成された磁界アリケータの端部の1つに直接付与される。また、その場合には、マイクロ波は、主に電子サイクロトロン共鳴域に伝播し、それゆえに高レベルの減衰を受けやすく、磁石に沿って均一でなく発生されたプラズマを導く。前述の技術と比較したその解決策の利点は、第1に装置の簡略化であり、第2に磁界強度とマイクロ波電界強度とが両方ともアリケータの表面で夫々最大である範囲で、プラズマ励起での効果を増加することである。

【0010】高く減衰された進行波の伝播に合ったプラズマにおける不均一性を改善するために、仏国特許第91 00 894号は、一定振幅の定常波によるプラズマ励起を提案している。このために、それは、マイクロ波を、電子サイクロトロン共鳴状態が満足されるようなところから区別した領域に伝播することを提案している。提案された解決策は、磁石の磁極に対面しないで、プラズマの侵入が禁止された領域において2つの隣接した正反対の磁極の中間に配置されたワイヤアリケータによって、マイクロ波のパワーを付与することである。それゆえ、磁界平面に垂直に、磁石に沿った電子のドリフト速度によって一様にされた磁石に沿った定常波に従って、最大及び最小のマイクロ波域を持って、磁石に沿って均一なプラズマを得ることが可能となる。

【0011】電子サイクロトロン共鳴でプラズマを均一に励起するために、定常波を一般的に使用する手法は、仏国特許第94 13 499号に、定常波の設定がワイヤ伝播器をマイクロ波アリケータに付加することによって制御されるものとして提案され、伝播器は電子サ

イクロトロン共鳴におけるマイクロ波を吸収する領域の外側に配置されている。

【0012】しかしながら、それら特許第91-00894号や94-13-499号に記述された技術は、マイクロ波の伝播が、特に比較的長い全長のマイクロ波アプリケータに亘って、一定の振幅を得ることの困難性を欠点として持つ定常波の形において発生する。加えて、均一性と振幅とを調整することは、一般的にマイクロ波アプリケータの上流側を使用するためにインピーダンスのマッチングが必要である。

【0013】様々な従来技術を分析した結果、アプリケータに沿った電界及びプラズマに不均一性が見られるに至り、この不均一性は、電子サイクロトロン共鳴での電子によるマイクロ波パワーの共鳴による吸収によって電界の非常に高い減衰に従っている。換言すれば、上述の技術は、均一なプラズマを長い全長に亘って、それゆえに大きな領域、典型例としてはメートルオーダーの面積又はそれ以上に亘って発生させることができない。加えて、それらの技術は、大きな不利益が存在しており、それはマイクロ波が、伝播領域におけるマイクロ波パワーの小さな制限に従って、アプリケータと伝播器とから放射されることである。これは、均一性の良いプラズマを得ることにとって特に有害となるアプリケータ間の結合の増加をもたらす。他の不利益は、直進性のアプリケータ又は伝播器を作るのが困難で、それらを空洞の囲い部材に挿入することが困難である点にある。これでは、曲面を均一に処理することはほとんど不可能である。

【0014】本発明の目的は、それゆえに比較的大きな面積の加工面に関して均一なプラズマを発生させることを可能にする方法によって、従来の不利益を改善することである。

【0015】本発明の他の目的は、形状が平面又は曲面の加工面に関して均一なプラズマを発生させる方法を提供することである。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】上述の様々な目的を達成するために、本発明は、マイクロ波域でエネルギーを発生させる手段と、一定で電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有すると共に、プラズマ励起のために少なくともマイクロ波伝播領域に配置された少なくとも1つの表面を形成する手段とを備える装置によって、加工面にプラズマを発生させる方法を提供する。

【0017】本発明によれば、この方法は、一定であって、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有する少なくとも1つの面を形成する手段として、マイクロ波エネルギーの発生源に接続された一端部と、少なくとも1つの磁気双極子に固定された一端部とは反対の端部とを有し、夫々がマイクロ波エネルギーアプリケータにより構成された一連の個別プラズマ励起装置を作成し、電子サイクロトロン共鳴にて加速された電子を、前

記アプリケータの端部から離間した前記双極子の少なくとも側部に配置されたプラズマ拡散領域を形成するように、前記磁極間で振動させるように、前記マイクロ波アプリケータの前記端部において前記磁気双極子を取り付け、前記加工面に均一なプラズマを形成するように個別の装置の各々により生成されたプラズマ間で少なくとも平行な位置となるように、互いに相関し、前記加工面に近接した関係にて個別プラズマ励起装置を分配する。

【0018】他の観点では、本発明は、マイクロ波域でエネルギーを発生させる手段と、一定であって、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有すると共に、プラズマ励起のために少なくともマイクロ波伝播領域に合わせて配置された少なくとも1つの表面を形成する手段の提供を狙いとしている。

【0019】本発明によれば、この装置は、一定であって、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度の磁界を有する少なくとも1つの面を形成する手段を構成する、マイクロ波エネルギーの発生源に接続された一端部と、その他端部が少なくとも1つの磁気双極子に固定された、夫々がマイクロ波エネルギーアプリケータにより構成された一連の個別のプラズマ励起装置と、前記アプリケータの端部から離間した前記双極子の側部に配置されたプラズマ拡散領域を形成するように、前記磁極間で電子サイクロトロン共鳴にて加速された電子が振動するように、前記マイクロ波アプリケータの端部に取り付けられた前記双極子と、前記加工面に均一なプラズマを全体に形成するように、互いに相関し、前記加工面に近接した関係にて分配された前記個別の励起装置とを具備する。

【0020】他の様々な特徴は、限定されない例示として、本発明の実施及び導入の形態を示す図面を参照して与えられる以下の記述により明らかとなる。

#### 【0021】

【発明の実施の形態】本例によれば、図1及び図2は、例えば、様々な表面処理を施すのに適した表面から構成できる、加工面S<sub>1</sub>（広義での加工）に関してプラズマを発生させるための装置Iを示している。従来の方法では、装置Iは、不図示であるがそれ自体周知の概略的に描画され、ガスを導入してポンピングするための装置に固定されたシールされた囲い部材1を備え、この囲い部材は、イオン化されたガス圧を、例えば、ガスの種類と励起周波数に従って、約10<sup>-3</sup>から数十パスカルまでの、所望の値に保持できる。

【0022】本発明によれば、プラズマ発生装置Iは、加工面S<sub>1</sub>に均一なプラズマを形成するために全体が操作できるように、互いに離間して空間が形成され、加工面S<sub>1</sub>に近接して配置された一連の個別プラズマ励起装置3を有する。本発明では、個別プラズマ励起装置3は、例えば、細長い、ワイヤ形状で実施されたマイクロ波エネルギーアプリケータ4によって構成されている。ワイヤアプリケータ4は、マイクロ波エネルギーの発生源E

(好ましくは、同軸の構造4'を介して)に接続されたその端部の1つを有し、発生源は囲い部材1の外側に位置している。各ワイヤアプリケータ4は、それゆえ適切に同軸チューブ4'により囲まれたチューブの形状であり、それによりマイクロ波の放射を避け、アプリケータ間でマイクロ波が結合するのを避けた状態で、その自由端4<sub>1</sub>にマイクロ波エネルギーを伝播できる。

【0023】図3に更に詳細に示すように、本発明の他の特徴によれば、各マイクロ波アプリケータ4は、電子サイクロトロン共鳴に対応する強度で少なくとも1つの磁界表面6を形成するために調節された少なくとも1つの磁気双極子5に接続されるように、マイクロ波エネルギーの発生源Eに接続された端部から離間した端部4<sub>1</sub>を有するよう設計されている。

【0024】図3に示す実施形態では、磁気双極子5は、任意の磁化方向Aで、マイクロ波が、例えば、アプリケータ4の端部4<sub>1</sub>に付与される位置に関してN極及びS極N、Sが任意の位置である球状の永久磁石により構成されている。この永久磁石5は、それゆえに、電子サイクロトロン共鳴に必要な状態に対応する球状の周りに表面6を形成すると共に、磁界線7は、各磁極に収束する磁石の2つの正反対の磁極に相互に連結する磁界線を表している。2つの衝突の間で、ワイヤアプリケータ4により付与されるマイクロ波電界によって、共鳴領域6において加速された電子は、N極及びS極並びに磁界線7の間で振動する。

【0025】これらの電子サイクロトロン共鳴にて加速された電子は、各磁極に近接し、且つ対面するよう配置されたミラーポイントP<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>の間で振動し、両者は、Elsevierにより発行された、M.Moisan and J.Pelletier著"Microwave Excited Plasma"と題された本の12章、368頁に記述された理論を適用して、同じ磁界強度を与える。また、これらの電子は、磁界の曲率及び傾きに応じた磁石の磁気ドリフトにより、磁化軸のまわりにドリフト動作をするように存在する。それらの軌道に沿って電子により発生されるプラズマは、その後プラズマ密度の傾きの影響下で発生源領域から離れて拡散する。それゆえに、アプリケータの端部4<sub>1</sub>から離間した双極子5の側部に少なくとも配置されたプラズマ拡散領域Zが出現する。

【0026】図3に示す実施形態では、電子群がワイヤアプリケータ4により集められるから、これにより電子のロスが増加するように、少なくとも電子群の通路がワイヤアプリケータ4に衝突することに注目すべきである。

【0027】この電子のロスを避けるために、装置は、図4に示すように、その磁化軸Aがワイヤアプリケータの軸に実質的に平行に配置されるように、磁気双極子5を配置するよう構成される。

【0028】磁気双極子5の磁化軸Aは、好ましくはワ

イヤアプリケータ4の軸を含む線に配置されている。この例では、電子の通路は、もうアプリケータ4に衝突しないので、電子は2つの弾性又は非弾性的な衝突で障害物がなく、通路に沿って進むことができる。このタイプの操作では、従って、マグネットロンタイプの3方向磁石構造が、電子が壁に対して失われることなく不定に振動及びドリフトできる状態で、得られる。実際に、電子サイクロトロン共鳴により加速された、高速電子若しくは主要な電子は、必然的にプラズマを発生させることでエネルギーが失われ、それゆえにプラズマの電子群の一部に供与されて低速電子若しくは熱電子となる。

【0029】図3及び図4に示す実施形態では、永久磁石5は球状な形状として示されている。本発明の関係では、磁石の形状は、あまり重要ではなく、任意の形状若しくは実際に複雑な形状(リング、円環体、平行パイプ等)であり、広く様々な磁化(例えば、軸状、径状、放射状)を持つことができる。それにもかかわらず、磁石5は、電子サイクロトロン共鳴に適した状態を作り出すよう十分な磁化がなければならない。更に、球状磁石では、磁石が、マイクロ波を適用するで電子のロスを増加させない状態で、マグネットロンタイプを構成できことが好ましい。

【0030】図5に示す好ましい実施形態では、各双極子5は、ワイヤアプリケータ4の軸を持つ線に実質的に重なった軸方向の磁化Aを有する円筒状の磁石により構成されている。横向きの表面5<sub>1</sub>により規定された磁石の磁極の1つは、マイクロ波を与えるためのアプリケータの端部4<sub>1</sub>に当接した位置にくるよう設計される。マグネットロンタイプの磁気構造は、それゆえに環状に対称30な形で得られる。この実施形態では、いくつかの磁界線7が、アプリケータの端部4<sub>1</sub>に配置された磁極に集まり、それにより、同様に電子のロスを大きく増加させてワイヤアプリケータ4に衝突する。

【0031】この不利益を避けるために、装置は、その磁化軸上に中央ボア8を有する軸方向に磁化された円筒状の磁石5を導入するよう構成できる。図6に示すこの実施形態では、磁界線の断片7'は、磁石の中央ボア8に沿って通過する。更に、磁極は点ではなく、磁石の回転軸を中心とされ、磁界線7、7'が集まる方向に環状に描画される。よって、アプリケータ4の外装体の直径が、磁極により描画された環体の直径と等しいならば、電子サイクロトロン共鳴により加速された電子は、磁界線7'に沿った軌道では描画できない。結果的に、アプリケータの端部4<sub>1</sub>は磁極を通過しないで進む。それにより、有用な磁界線は、磁石外部の磁界線7だけであり、結果的に、電子の通路は、2つのミラーポイントP<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>の間でワイヤアプリケータ4に衝突しない。結果として、電子にロスがなく、エネルギー効率の点で最適な性能を得ることができる。

50 【0032】本発明のこの好ましい特徴では、各軸方向

のボア8は、冷却流体供給パイプ9を磁石を取り付ける支持体として最適に設けられるよう挿入可能に利用することができる。このパイプ9は、磁石と、磁石から距離を置いて磁石を取り囲むジャケット12との間を規定する囲い部材11に連通する端部がチューブ状態で実施されている。囲い部材11は、供給パイプ9とチューブにより構成されたワイヤアプリケータ4との間を規定する冷却流体還流パイプ13に開口している。よって、磁石4は、冷却流体を磁石まわりに循環可能な保護ジャケット12によって包まれている。本例によれば、磁石が包まれる材料と、ワイヤアプリケータを構成する材料とは、適切な導体（非磁性金属）である非磁性材料であるが、汚染を理由として、それらは装置の適切な操作を妨げない誘電体で取り囲むこともできる。

【0033】他の可能な実施形態では、各磁気双極子5が、軸方向のボア8を介して磁気双極子を通過するガスを供給するためにパイプ14に固定されている。本例によれば、パイプ14は、ジャケット12の反対の端部に開口するように、供給パイプ9の内部に取り付けられていることに注目すべきである。

【0034】図7は、各磁気双極子5が高透磁率を有する、例えば、ワイヤアプリケータ4の端部41上に取り付けられるプレートで、軟鉄のプレート等の、材料15により規定される磁極面を持っている他の態様を示している。そのような磁気双極子5は接した磁極を与えるように構成されている。それゆえに、図7に見られるように、プレート15により構成された磁極面から離間した磁極面に配置された一対の連続した隣接する磁極の間に形成された磁界線7を発生させるために、互いに正反対の方向に取り付けられた近接するN極とS極を有する同心の磁石を利用することが可能である。

【0035】図8は、図7に示す実施形態の変形例を示している。この変形例では、磁気双極子5は、ワイヤアプリケータ4の端部41が取り付けられるプレート15によって規定される磁極面を持っている。この双極子5は、ワイヤアプリケータ4の軸方向に延びる軸方向に磁化された磁石により構成されている。この構成では、電子は、対応する線6から電子サイクロトロン共鳴にて加速され、2つのミラーポイントP<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>の間で振動する。これらのミラーポイントの1つP<sub>1</sub>は、磁石の磁極に対面して配置されておらず、ワイヤアプリケータ4に沿って側部に配置されている一方、これらのミラーポイントの1つP<sub>2</sub>は、その磁極に対面して残されている。それゆえに、ワイヤアプリケータの端部41に向かって配置されたプレート15の存在は、磁気双極子5の各々の磁極に結合されたミラーポイントP<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>を空間を置いた配置に変更するために役立っている。図7及び図8に示すこれら2つの実施形態は、磁石5の形状に限定されず、材料15に関する他の配置は、磁石5の形状に関連して見いだすことができる。

【0036】上記説明から直接わかるように、本発明の方法は、少なくとも1つの面6を電子サイクロトロン共鳴に対応する強度に形成できるように、一連の個別プラズマ励起装置を各々組み立てて構成される。磁気双極子5は、その端部41から離間した双極子の側部に少なくとも配置されたプラズマ拡散領域Zを形成するように、磁極間で電子が振動することを保証するように、マイクロ波アプリケータの端部に取り付けられている。それから、装置は、加工面に均一なプラズマを形成するように個別の装置の各々により生成されたプラズマ間で少なくとも1つの平行な位置を得る方法により、互いに相関し、加工面S<sub>u</sub>に近接した関係にて個別プラズマ励起装置3を分配するように構成される。装置3によって発生された個別のプラズマは、少なくとも部分的に互いに重なり合い、若しくは被われており、それにより加工面S<sub>u</sub>に均一なプラズマを得ることが理解される。

【0037】本発明の好ましい特徴では、装置は、プラズマ励起を加工面のプロフィールに対して調整するように個別のプラズマ励起装置3と加工面S<sub>u</sub>との距離を調整するように構成されている。それゆえに、図1及び図9においてより明瞭にわかるように、個別のプラズマ励起装置3の各々は、個別の装置3の各々と処理すべき加工面S<sub>u</sub>との距離を調整するように、ワイヤアプリケータの実際の位置を調整する手段18を有する。これは、加工面のプロフィール、例えば、曲面に対して最良のマッチングを与えることを可能にする。更に、個別のプラズマ励起装置3の各々により放出されたマイクロ波パワーは、プラズマの均一性を調節するように調整可能である。

【0038】図9に示す実施形態では、基本的なプラズマ励起装置3は、磁気双極子5が全て同方向に向けられた磁化軸を持つように分配されている。

【0039】前記磁気双極子5が全て同方向に向けられた磁化軸を持つように、個別のプラズマ励起装置3を分配する。これは、ほとんど発散がなく、強度が緩慢に低下する双極子5から離間した磁界を得ることを可能にする。

【0040】図10に示す実施形態では、装置は、磁気双極子5が1つの装置から近接する装置に互いに正反対の方向で向きを変化させる磁化軸を持つように分配された、個別のプラズマ励起装置3として構成されている。これは、磁石からの距離を離す機能として、磁界の強度が急速に、ほとんど指數関数的に落ち込むような従来の多極構造を提供する。

【0041】上述の説明から、本発明は、大きな面積の加工面を処理可能なマイクロ波伝播状態によらないプラズマの均一性を得られることが理解できる。

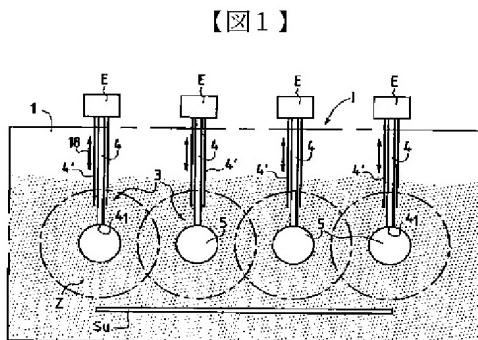
【0042】本発明の主な適用分野は、平らな若しくは曲がっていてもよい大きな面積の表面の均一な処理（洗浄、被覆、エッティング等）を含むものである。本例によ

11

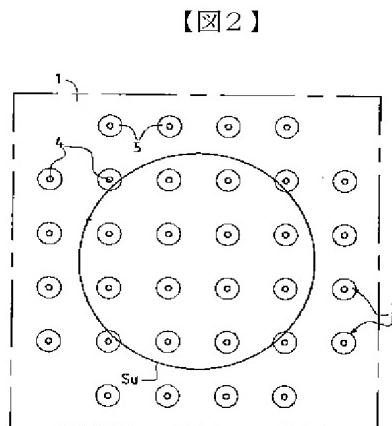
れば、集積回路の製造において、60mm間隔で離間して32の個別源の配列を利用することによって、300mmの直径を有するシリコンウェハーに表面処理を施すことが可能となる。円筒状の磁石は、サマリウムコバルト(Sm-Co)から作られ、それらは図6に示す手法で作られる。プラズマは、2.45GHzのマイクロ波によって電子サイクロトロン共鳴にて励起され、共鳴状態( $B_0=0.0875$ テスラ)は、永久磁石が使用されることによって容易に満足される。開発された方法の全てのタイプに対して、均一性の結果は±5%より良かった。

【0043】本発明は、記述及び図示した例に限定されず、様々な変更は、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で可能である。

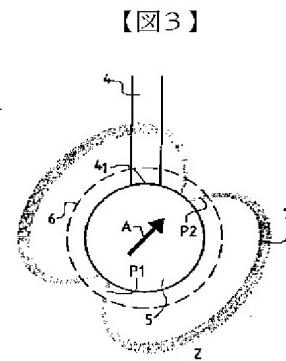
#### 【図面の簡単な説明】



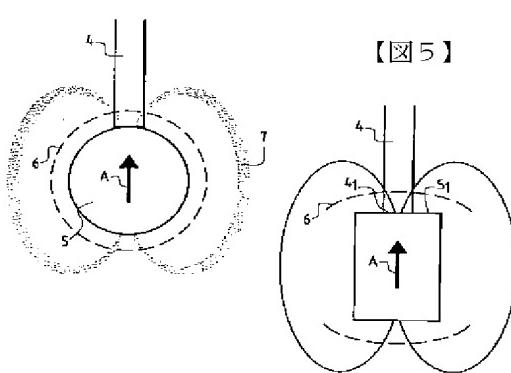
【図4】



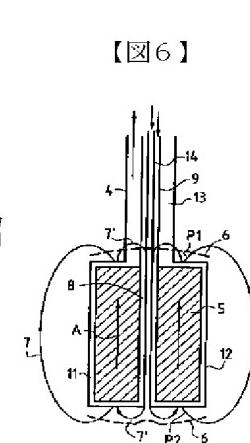
【図2】



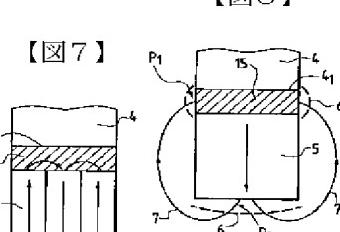
【図3】



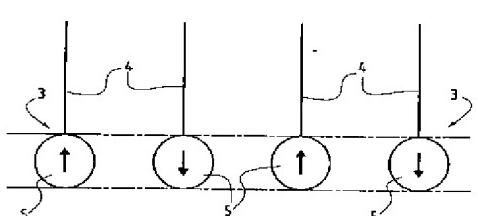
【図5】



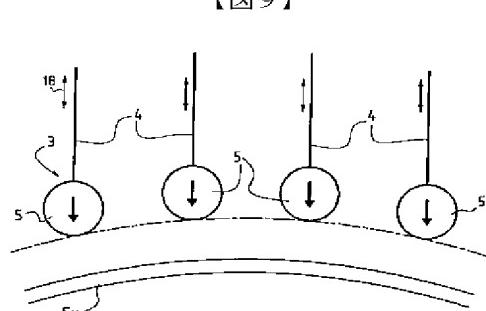
【図6】



【図7】



【図10】



【図9】

【図1】本発明に係るプラズマ発生装置を示す概略的な正面図である。

【図2】本発明に係るプラズマ発生装置の実施形態を示す平面図である。

【図3】

【図4】

【図5】

【図6】

【図7】

10 【図8】本発明に係るプラズマ発生装置の部品を構成する個別のプラズマ励起装置の様々な異なる実施形態を示す図である。

【図9】

【図10】個別のプラズマ励起装置が互いに関連して組み付け可能な方法を示す概略図である。

フロントページの続き

(72)発明者 ベレティエール ジャック  
フランス国 サン マルタン デール  
38400 ル ミュリエ シュマン ドュ  
フォール 8